

TİG VE LAZER KAYNAKLI GALVANİZE ÇELİK PLAKALARIN MİKROYAPI VE MUKAVEMET AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Arife Kübra DEMİRBAŞ^{1*}, Sinem ÇEVİK²

^{1,2}Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Türkiye

*kubra.demirbas@omu.edu.tr

Özet – TİG ve Lazer kaynak ile kaynaklanan galvanize çelik plakaların ayrı ayrı mikroyapı ve mekanik özellikleri incelenmiştir ve iki kaynak yöntemi arasındaki farklılıklar incelenmiştir. Hangi kaynak yöntemi ile daha iyi sonuçlara ulaşıldığına bakılmıştır. Böylelikle galvanize çeliğe uygulanabilecek kaynak çeşitleriyle ilgili daha geniş bilgilere sahip olunmuştur. Paslanmayı önleyici "yüzey koruma" yöntemlerinden biri "çinko kaplama" dır. Galvanizleme ismi de verilen bu yöntem ile çeliğin yüzeyi paslanmaya karşı etkili bir şekilde korunmuş olur. Galvanizlemede ince bir çinko tabakası, elektro galvaniz, sprey, sıcak daldırma vb. yöntemler ile çelik yüzeyine tatbik edilir. TİG kaynağı elektrik arkın kaynak parçası ve tungsten elektrot arasında yanarak füzyon gücü ortaya çıkartan bir elektrik ark kaynak işlemidir. Bu yöntemde, kaynak arkı, erimeyen bir tungsten elektrot ile iş parçası arasında gerçekleşmektedir. Ark, elektrot ve erimiş banyo havanın tesirinden bir argon veya helyum atmosferi ile korunmaktadır. Galvanize çelik plakaları birleştirmek için önce TİG kaynağı kullanılmıştır. Mikro yapı incelemesi için optik mikroskop ve mukavemet ölçmek için Vickers sertlik cihazı kullanılmıştır. Diğer kullanılan kaynak yöntemi ise Nd:YAG lazer kaynağıdır. Neodymyum-YAG katı-hal lazeri aktif ortam olarak endüstriyel bir kristal kullanır ve 1,06 mikron dalga boyunda bir ışık üretir. Yaklaşık olarak 100 W' tan 4 kW' a kadar olan ışın güçleriyle çalışabilir. Nd:YAG katı-hal lazerlerinin ortalama güçleri, CO₂ gazı lazerlerine göre daha düşük olmalarına rağmen 10 kW' lık kısa süreli darbeler gerçekleştirebilirler. En büyük avantajı, ürettikleri lazer ışınının dalga boyundan dolayı, enerjinin fiber optik bir kablo içinden iletilmesi sayesinde kontrolün oldukça kolaylaşmasıdır. Lazer kaynakla birleştirilen levhalar da mikro yapı ve mekanik özellikler açısından incelenmiştir. İlk önce TİG kaynağı ile birleştirilen çelik levhalarımızın mikro yapısını ve mukavemetini inceledik. Daha sonra lazer kaynakla birleştirilen levhaları optik mikroskopta ve sertlik cihazında inceledik. İki kaynak uygulamasından elde ettiğimiz mikro yapı görüntülerini ve mukavemetleri karşılaştırıp yorumladık.

Anahtar Kelimeler – TİG kaynak, Lazer kaynak, mikroyapı, mukavemet, galvanize çelik

Abstract – The microstructure and mechanical properties of galvanized steel plates originating from TIG and Laser welding will be examined and differences between the two welding methods will be revealed. It will be learned which method of welding will lead to better results. This will have a wider knowledge of the types of welding that can be applied to galvanized steel and will contribute to the literature. One of the anti-rust "surface protection" methods is "zinc coating". With this method of galvanizing, the steel surface is effectively protected against corrosion. A thin layer of zinc in galvanizing, electro galvanizing, spraying, hot dipping and so on. applied to the steel surface by these methods. The TIG welding is an electric arc welding process in which the electric arc generates a fusion force between the source and the tungsten electrode. In this method, the welding arc takes place between the workpiece and a tungsten electrode that does not melt. The arc, the electrode and the molten bath are protected by an atmosphere of argon or helium under the influence of air. We used the TIG source to join the galvanized steel plates. We used an optical microscope to examine the microstructure and a Vickers hardness tester to measure strength. Another welding method is the Nd: YAG laser welding. The Neodymium-YAG solid-state laser uses an industrial crystal as the active medium and produces a light of 1.06 micron wavelength. It can operate with beam powers from about 100W to 3kW. Although the average powers of Nd: YAG solid-state lasers are lower than those of CO₂ gas lasers, they can perform short kicks of 10 kW. The 1kW Nd: YAG laser machine was designed to operate the laser beam at 4mm thickness at 0.3m / min. can do it quickly. The greatest advantage is that it is very easy to control due to the fact that the energy is transmitted through a fiber optic cable because of the wavelength of the laser beam it produces. We used an optical microscope and a hardness device in the plates joined by laser welding. First, we examined the microstructure and strength of steel plates we joined with TIG welding. We then examined the plates attached to the laser welding in the optical microscope and the hardness device. We compared and interpreted the microstructure images and strengths obtained from the two welding applications.

Keywords – TIG welding, laser welding, microstructure, strength, galvanized steel

I. GİRİŞ

Kaynaklı birleştirmelerde kullanılan yöntemin seçiminde, ekonomiklik, kalite, otomasyon ve zamandan tasarruf gibi özelliklere dikkat edilmektedir. Özellikle kaynaklı birleştirme için gerekli olan teknolojik özellikler (statik ve dinamik mukavemet, şekil değiştirme kabiliyeti, korozyona dayanıklılık), ön tavlama, ara tavlama ve son tavlama şartlarının yanı sıra şekil ve boyut gibi konstrüktif bütülmeler, kendini çekmeler, çarpılmalar ve kaynak yerine ulaşma gibi şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte yöntemin uygulama tekniği bakımından yatırım maliyeti, işletme ve sarf malzeme giderleri, enerji ve bakım giderleri, ilave metal seçimi ve kullanımının uygunluğu gibi özelliklere sahip olması istenir.

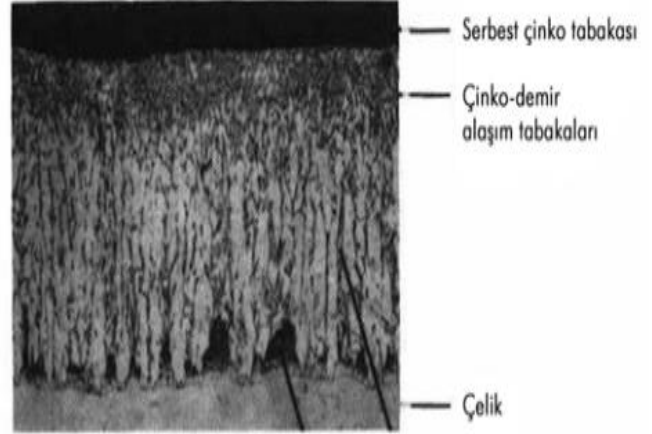
TIG kaynak yöntemi yüksek bir kaynak hızı sağlması, verilen ısının belirli bir bölgeye tesir etmesi, ısı distorsiyonlarının azlığı, mekanik özelliklerin iyi korunması, temiz kaynak dikişlerinin elde edilmesi, kaynak işlemi bitiminde temizliğe ihtiyaç duyulmaması, kolay bir şekilde mekanize edilmesi gibi üstünlükleri sayesinde uygun kaynak koşullarını sağlamaktadır. Endüstriyel uygulamada ise hemen hemen her türlü malzemenin (alüminyum, nikel, nikel alaşımları, paslanmaz çelik ince malzemeler...v b) birleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Galvanizleme, çatı oluk malzemelerinde, tel hatlarında, hatta New York'ta Brooklyn köprüsünde yüz yılı aşkın bir zamandır çelik yüzeyine çinko kaplama yöntemi olarak kullanılmaktadır. Galvanizli çeliklerin kaynağı aslında kaplamasız çeliklerin kaynağından pek farklı değildir. Ancak çinkonun düşük ergime derecesine ve düşük buharlaşma sıcaklığına sahip olması galvanizli çeliklerin kaynağında çinkonun yanarak kaynak bölgesinde hem gözeneğe hem de çinkosuzlaşmaya sebep olmaktadır. Bu çalışmada, metalik kaplama yöntemlerinden sıcak daldırma ile galvanizleme ve çinko kaplama tavı yapılarak elde edilen galvanize çeliğin TIG kaynak yöntemiyle kaynaklandıktan sonra mikroyapısı ve sertlikleri incelenmiştir. Aynı şekilde uygulaması son zamanlarda artan ve geliştirilmiş özelliklere sahip olan lazer kaynak ile galvanize çelikler birleştirilip incelenmiştir.

II. MALZEME VE METOT

A. Sıcak Daldırma Galvanizleme

Demir ve çelik malzemelerin erimiş çinko banyosuna daldırılarak yüzeyine çinko ve çinko bileşikleri içeren koruyucu bir kaplama oluşturma işlemidir. Bu koruyucu kaplama genellikle birkaç tabakadan meydana gelmektedir (bkz. Şekil 1). Ana metale yakın olanlar, demir-çinko bileşiklerinden meydana gelmektedir. Üst üste yer alan bu tabakaların en dışında tamamen çinkodan meydana gelen bir katman bulunmaktadır. Galvanizleme, kaplamayı oluşturan tabakaların karmaşık yapısını, kimyasal kompozisyonunu, fiziksel ve mekanik özelliklerini büyük ölçüde değiştirerek kimyasal aktivite, difüzyon ve sonradan soğuma gibi özelliklerini etkiler. Kaplama kompozisyonu, banyo sıcaklığı, daldırma süresi, soğutma veya sonradan ısıtmada yapılan küçük değişiklikler, kaplamanın görünümünü ve özelliklerini önemli derecede etkilemektedir. Sıcak daldırma galvanize kaplamalar çelik imalat cinsi malzemelerin üzerine yapılmaktadır[1].



Şek. 1 %0.40 Si içeren çelik üzerine galvaniz kaplamanın mikroskop altındaki görüntüsü[1].

Galvanize kaplamalar demir ve çelik esas metalleri üzerine, korozyona karşı koruyucu bir tabaka elde etmek için yapılmaktadır. Sıcak daldırma galvanize kaplamanın önemli uygulama alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Güç üretim tesisleri, petrokimya tesisleri, ısı değiştiriciler, soğutma bobinleri, elektrik dağıtım kuleleri ve direklerindeki yapı çelikleri,
- Elektrik kablo boruları, kıvrımlı çelik borular ve dirsekler,
- Soğutma kuleleri için takviye çelikleri, mimari amaçlı beton üstü kaplamaları, klorüre maruz kalan köprü yüzeyleri,
- Direk hattı donanımları ve demiryolu elektrik tesisatı,
- Otoyol kenarlarındaki koruyucu bariyerler, yüksek aydınlatma tesisatları, işaret köprüsü yapıları,
- Liman kazıkları ve rayları,
- Izgara, merdiven ve güvenlik kafesleri.

Sıcak daldırma galvaniz, kule ve uzun ömürlü, dayanıklı cıvata imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kısacası sıcak daldırma galvanize çinko kaplama çeliğin havada, toprakta veya suda korozyona maruz kaldığı durumlarda standart, etkili ve ekonomik bir koruma yöntemidir.

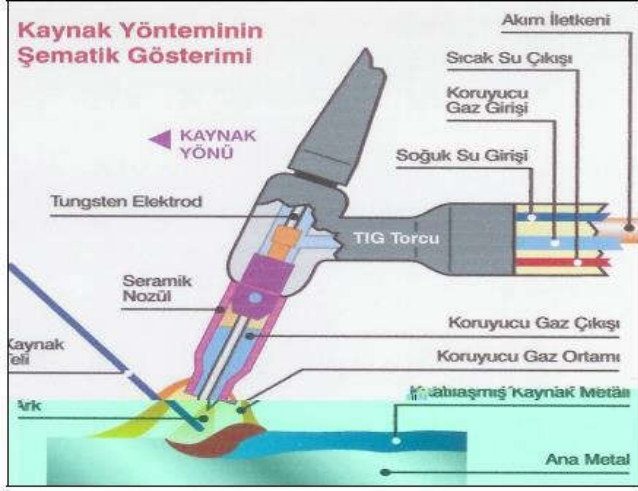
Sıcak daldırma galvanize kaplamanın faydaları şunlardır:

- Demir ile karşılaştırıldığında çinkonun korozyona uğrama hızı oldukça yavaşlamaktadır,
- Elektrolitik koruma sağlar,
- Çinko kaplama ve alttaki demir-çinko alaşım tabakaları dayanıklılık ve sağlamlık sağlar,
- Gerekli olduğu durumlarda çinko kaplamanın boyanması daha ucuza mal olur ve daha dayanıklıdır, arazi koşulları ve hafif endüstriyel koşullarda genellikle 15-25 yıl bakım gerektirmez[1].

B. TIG Kaynağı

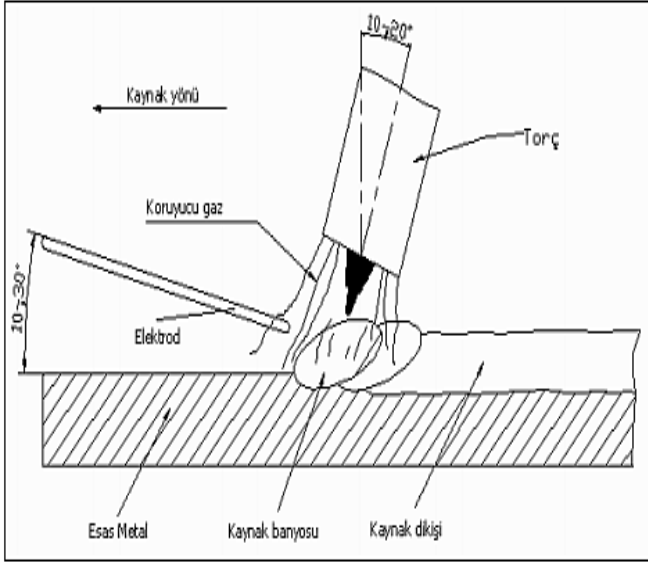
Kaynak yönteminin adının açılımı 'Tungsten İner Gaz'dır. Kaynak, bu kelimelerin baş harfleri ile anılır. Almandaca tungsten metaline volfram denildiği için WIG olarak da ismi anılmaktadır. TIG kaynak yönteminde ergimeyen tungsten elektrot ile kaynak edilen parça arasında elektrik arkı oluşturulur. Kaynak banyosu bir nozülenden gönderilen argon veya helyum gazları tarafından korunmaktadır. Kaynak yönteminde kullanılan tungsten elektrot erirken, kaynak yapılacak metal de aynı anda eriyerek metallerin birleştirilmesi sağlanmaktadır. Gerekli görüldüğü zamanlarda

ana metale benzeyen yapıdaki çubuk şeklinde ilave metal kullanılarak kaynak işlemi gerçekleştirilebilir[2].



Şek. 2 TIG kaynak yönteminin şematik gösterimi[2].

TIG kaynağında ark, tungsten elektrot ile parça arasında serbestçe yanan koruyucu gaz argon, helyum veya bunların karışımından oluşmaktadır. Enerji üreticinin bir kutbu tungsten elektrota diğeri parçaya bağlı şeklindedir. Ark, sadece bir elektrik iletkeni ve ark taşıyıcısı olan tungsten elektrot ile parça arasında oluşmaktadır. İlave metal, kural olarak akım yüklenmemiştir. Kaynak bölgesine yandan veya önden elle ya da bir aparatla sevk edilir. Torç ile kaynak makinesi, gaz tüpü ve soğutma suyu ile bağlantıları değişik kalınlıktaki kablolar ve hortumlar ile sağlanmaktadır. Torçta, her çaptaki tungsten elektrot için tutucu kovana bulunmaktadır ve torç ucuna koruyucu gaz nozülü takılır[2].



Şek.3 TIG kaynak bölgesi[2].

TIG kaynağının avantajları şu şekildedir;

- Yüksek kaynak hızı,
- Verilen ısınnın belirli bir bölgeye tesir etmesi,
- Isı distorsiyonlarının azlığı,
- Mekanik özelliklerin iyi korunması,
- Temiz kaynak dikişlerinin elde edilmesi,
- Kaynak işlemi bitiminde temizliğe ihtiyaç duyulmaması,
- Kolay bir şekilde mekanize edilmesidir.

TIG kaynağının dezavantajları ise şu şekildedir;

- Tungsten elektrotun kaynak dikişine karışması,
- Oksit kalıntıları,
- Gözenek oluşumu,
- Yetersiz erime,
- Uç krater çatlaklarının oluşmasıdır[2].

C. Lazer Işın Kaynağı Yöntemi

Cihaz parçalarının sürekli olarak küçülmesi, birleştirme tekniklerinin daha küçük boyutlarda yayılmasını gerekli hale getirmektedir. Küçük boyutlardaki parçaların kullanıldığı imalat alanlarında, klasik kaynak yöntemleri (elektrik direnç kaynağı hariç) kesinlikle kullanılamaz. Lazer ışını ile kaynak bir seri özel üstünlükleriyle kendini göstermektedir. Lazer kaynağın diğer uygulamalara göre üstünlükleri şöyledir; Bir kaç mikron mertebesindeki iyi odaklanabilirlik kabiliyeti ve yüksek güç yoğunluğundan dolayı Tungsten (Wolfram) gibi yüksek sıcaklıkta eriyen metaller rahatlıkla eritilebilmektedir. Kaynak süresi olarak metalurjik iç yapı değişimlerinin oluşumu önlenemez ve yüksek üretim hızlarına erişilebilecek şekilde, noktasal bağlantılar için bir kaç ms yeterli olmaktadır. Lazer ışını temassız çalışır ve iş parçasının istenmeyen alaşımlanması ve distorsiyonu önlenmiş olur. Lazer ışını üretiminde, koruyucu gaz kullanılması ve bir vakum ortamı gerekmediğinden, özellikle seri imalat için maliyet, çalışma hızı bakımından önemli üstünlükleri ortaya çıkmaktadır[3].

Lazer kaynağının çalışma prensibi şu şekildedir; Kaynaklanacak iş parçası üzerinde merkez noktası hedef alınmaktadır. Yüzeyde, ışık enerjisi ısı enerjisiye çevrilmektedir. İş parçasının yüzeyi erimeye başlar ve yoğunlaştırılmış enerji, ısının tesiri altındaki bölge(ITAB) gelişmeden önce erimeyi ve birleşmeyi sağlar. Piyasada kullanılan lazer ışın kaynağı (LW) makineleri, vakumda çalışan elektron ışın kaynağı gibi enerji yoğunlukları üretme kapasitesindedirler. Lazer ışını atmosferden geçerken elektron ışınına göre düşük bir oranda emilmekte veya özümsemektedir. Aynı zamanda açık havada kaynak yapılabilir. Kaynak için en çok kullanılan lazerler Nd-YAG (katı hal) tipi ve CO2 sürekli çıkış tipidir. Bir titanyum kaynağı kirlenme ve gevrekleşmenin önlenmesi için atmosferden korunmalıdır. Titanyumun elektron ışın kaynağında oluşan süresizlikler lazer ışın kaynağında da görülebilmektedir. Lazer ışın kaynaklarının mikro yapıları ve mekanik özellikleri kaynak ve ITAB ana metale göre daha yüksek çekme dayanımları göstermektedir fakat çentik darbe enerjileri (Dinamik toklukları) düşüktür[4].

Kaynak için, ışın enerjisi iş parçasının buharlaşma sıcaklığının altında tutulmalıdır. Delik delme ve kesme işlemlerinde buharlaştırma gerekmektedir. İş parçasına nüfuz etme, iletilen ısıya bağlı olduğu için kaynaklanacak malzemelerin kalınlıkları genelde 0.8 inch'in altındadır (gelişmiş lazerlerle artık 8-10 mm kalınlıklara kadar kaynak yapılabilir). Gaz (karbondioksit, helyum, neon, vb.) ya da diğer lazer kaynakları olsun, tüm lazer ışın kaynaklarının işlevi temelde yoğun ışık, elektrik, elektron ışınları, kimyasallar, vb.lerinin kullanılması ve doğal ve uyarılmış fotonların bırakılmasıyla atomların uyarılması prensiplerine dayanır. Merceklerin odaklanmalarının rolü bu işlemde çok önemlidir çünkü ışın enerjisini 0.005 inch ve daha düşük çaplardaki odak noktalarına yoğunlaştırır[5].

D. Nd:Yag Lazerleri

Neodimyum-YAG katı-hal lazeri aktif ortam olarak endüstriyel bir kristal kullanılmaktadır. Yaklaşık olarak 100W'tan 3kW'a kadar olan ışın güçleriyle çalışabilmektedir. Nd:YAG katı-hal lazerlerinin ortalama güçleri, CO₂ gazı lazerlerine göre daha düşük olmalarına rağmen 10kW'lık kısa süreli darbeler gerçekleştirebilmektedirler. 1kW'lık Nd:YAG lazer makinası, 4mm kalınlıktaki çeliğin alın kaynağını 0.3m/dak. hızla yapabilir. En büyük avantajı, ürettikleri lazer ışınının dalga boyundan dolayı, enerjinin fiber optik bir kablo içinden iletilmesi sayesinde kontrolün oldukça kolaylaşmasıdır[5]. Dalga boyu 1064 nm'dir. Bu dalga boyu elektromanyetik spektrumun kızıl ötesi ve iyonize olmayan bölümündedir. İyonize olmaması nedeniyle dokularda karsinojenik ve mutojenik bir etki olmamaktadır. Başlangıçta Nd:YAG lazerler büyük patolojik olguların eksizyonunda kullanılmış olmasına karşın direkt kontaklı iletim sistemi olan fiber optik kabloların geliştirilmesiyle yalnızca kesme değil, aynı zamanda steril etme ve örtme işlemleri de çok düşük güçlerde yapılabilir hale gelmiştir[6].

E. Deneyin Yapılışı

Elimizde bulunan 2 mm kalınlığındaki galvanize çelik plakalara TIG ve Nd:Yag lazer kaynakla birleştirme işlemi uygulanmıştır. Nd:Yag lazer kaynak işlemi sırasında 1470 Watt güç kullanılmış, odak uzaklığı olarak 0' dan 15 ve 20 mm üzeri işlem yapılmıştır.

Tablo 1. TIG Kaynağı için kullanılan Parametreler

Akış Hızı	6-7 L/dk
Akım Ayarı	60-70 A
Kullanılan Gaz	Argon
Gaz Ayarı	1.2 L
Metal-Parça Arasındaki Aç	20°

Kaynaklanan plakalar önce kesme cihazında bakalit kalıplama cihazına sığabilecek boyutlarda kesilmiştir. Hem lazer hem de TIG kaynaklı plakalardan numuneler kesilmiştir.



Şek 4. a) TIG kaynaklı numune b) Lazer kaynaklı numuneler

Küçük parçalara kesilen numuneler bakalitle kalıplandıktan sonra önce zımparalama daha sonra parlatma işlemi uygulanmıştır. En son dağlama işlemi yapılmıştır. Dağlama Çözeltisi olarak 20ml etanol+20ml hidrolik asit+1gr bakır klorür dihidrat karışım çözeltisi kullanılmıştır.

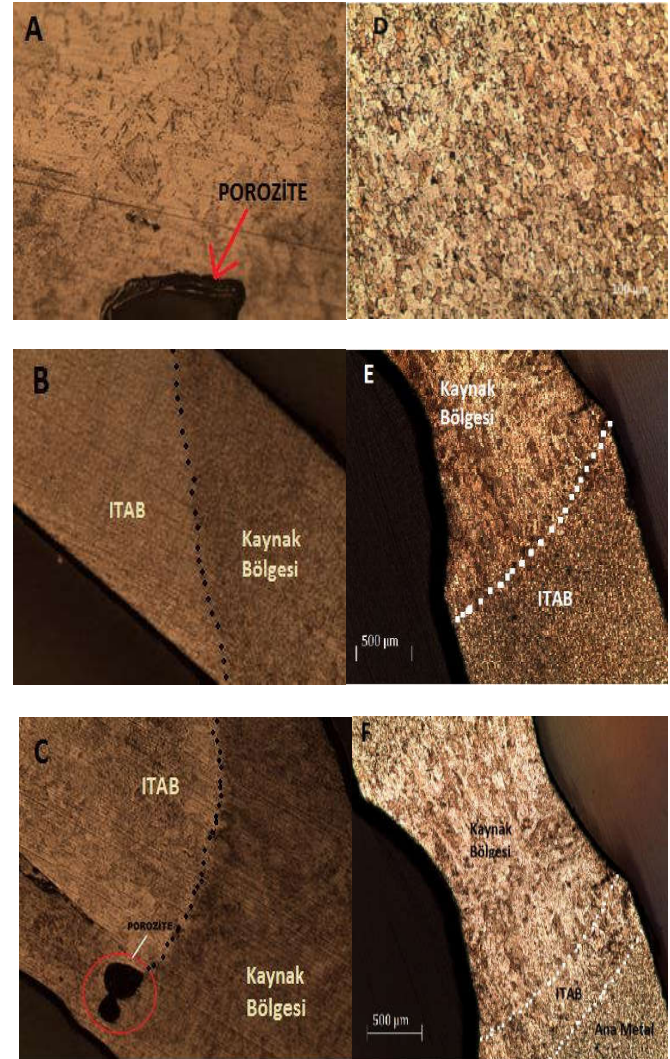


Şek. 5 Dağlama işlemi için kullanılan çözelti

Dağlama işleminden sonra numunelerin mikroyapıları optik mikroskopta incelenmiştir.

III. SONUÇLAR

TIG ve Lazer ile kaynaklanan galvanize çelik plakalarımızdan aldığımız numunelerin optik mikroskop görüntüleri Şek.6'da gösterilmiştir.



Şek.6 Kaynaklanmış numunelerin mikroyapı görüntüleri A)TIG Kaynaklı-ana metal(20X), B)TIG Kaynaklı-ITAB ve ana metal bölgesi(5X), C)TIG kaynaklı-ITAB ve kaynak bölgesi(5X), D)Lazer kaynaklı-ana metal(20X), E)Lazer kaynaklı-kaynak bölgesi ve ITAB(5X), F)Lazer kaynaklı-kaynak bölgesi, ana metal ve ITAB(5X)

Şek.6.(A,C)den görüldüğü gibi TIG kaynakla birleştirilmiş çelikte poroziteler meydana gelmiştir. Lazer kaynakla birleştirilen çeliğin daha düzgün ve homojen bir yapıya sahip olduğunu Şek.6.(F)de net olarak görebilmekteyiz. Ayrıca Şek.4'den de TIG kaynağı ile yakın odak mesafesi ile birleştirilen plakaların düzgün bir kaynak yapısına sahip olmadığını fakat aynı kalınlıktaki plakaların lazer kaynak ile düzgün ve hatasız bir şekilde birleştirildiklerini görebilmekteyiz. Lazer kaynak yöntemiyle birleştirilen galvanize çeliğin ITAB(Isı Tesiri Altındaki Bölge)'da düzgün, çatlaksız, kaynak hataları olmayan bir görünüm olması bize kaynak işleminin düzgün gerçekleştiğini göstermektedir.

Şek.6(C,F)'de görüldüğü gibi hem TIG kaynaklı hem de lazer kaynaklı numunelerde ITAB' da aşırı tane irileşmesi söz konusu değildir. Bu da bize her iki kaynaklı birleştirmelerinde tokluk ve şekil değiştirme kabiliyetlerinde olumsuz etki olmadığını göstermektedir. Kaynak ve ısı tesiri altındaki bölgelerde oluşan martenzitik dönüşümler o bölgelerdeki sertliği ana metale göre artırmaktadırlar. Yaptığımız incelemeye göre Lazer kaynakla birleştirilen galvanize çelikte daha düzgün bir kaynak bölgesi elde edilmiştir ve mikro yapı incelemeleri de yapıda hata olmadığını ve sağlam bir birleşme olduğunu göstermektedir.

REFERENCES

- [1] ASM, Sıcak Daldırma Galvanize Kaplamalar Komitesi.
- [2] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Metal Teknolojisi, TIG Kaynağı, 2006.
- [3] Kaluç, E. ,(1993, Kasım), Lazer Işını ile Kaynak ve Kesme-Diğer Kaynak Yöntemleri, s.189.
- [4] Dikicioğlu A., Titanyum ve Titanyum Alaşımlarının Kaynak Kabiliyetleri, s.10,
- [5] Haberortak.com, 2012, Erişim Tarihi: 22.04.2015
- [6] Uysal, D. Ve Güler, Ç. (2012), s.46, Diş Hekimliğinde Lazer: Bir Literatür Derlemesi.